

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

| | |
|---|---|
| Date of mailing (day/month/year) 27 June 2001 (27.06.01) | |
| International application No. PCT/SE00/01893 | Applicant's or agent's file reference 59784 |
| International filing date (day/month/year) 29 September 2000 (29.09.00) | Priority date (day/month/year) 29 September 1999 (29.09.99) |
| Applicant HÖGLUND, Anders et al | |

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
19 April 2001 (19.04.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

| | |
|---|---|
| The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35 | Authorized officer <p style="text-align: center;">F. Baechler</p> Telephone No.: (41-22) 338.83.38 |
|---|---|

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING OF A CHANGE

(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

BERG, S., A.
Albihns Stockholm AB
P.O. Box 5581
S-114 85 Stockholm
SUÈDE

| | |
|--|---|
| Date of mailing (day/month/year) 27 June 2001 (27.06.01) | |
| Applicant's or agent's file reference 59784 | IMPORTANT NOTIFICATION |
| International application No. PCT/SE00/01893 | International filing date (day/month/year) 29 September 2000 (29.09.00) |

1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant
 ☐ the inventor
 ☒ the agent
 ☐ the common representative

| | | |
|---|---|---------------------------|
| Name and Address BERG, S., A. Albihns Patentbyrå Stockholm AB P.O. Box 5581 S-114 85 Stockholm Sweden | State of Nationality | State of Residence |
| | Telephone No. +46 8 59 88 72 00 | |
| | Facsimile No. +46 8 59 88 73 00 | |
| | Teleprinter No. 11942 ALBIHNS S | |

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person
 ☐ the name
 ☒ the address
 ☐ the nationality
 ☐ the residence

| | | |
|--|---|---------------------------|
| Name and Address BERG, S., A. Albihns Stockholm AB P.O. Box 5581 S-114 85 Stockholm Sweden | State of Nationality | State of Residence |
| | Telephone No. +46 8 59 88 72 00 | |
| | Facsimile No. +46 8 59 88 73 00 | |
| | Teleprinter No. 11942 ALBIHNS S | |

3. Further observations, if necessary:

4. A copy of this notification has been sent to:

| | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office | <input type="checkbox"/> the designated Offices concerned |
| <input type="checkbox"/> the International Searching Authority | <input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned |
| <input checked="" type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority | <input type="checkbox"/> other: |

| | |
|--|--|
| The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35 | Authorized officer F. Baechler Telephone No.: (41-22) 338.83.38 |
|--|--|

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
5 April 2001 (05.04.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/23718 A1

(51) International Patent Classification⁷: F02B 3/00

(21) International Application Number: PCT/SE00/01893

(22) International Filing Date:
29 September 2000 (29.09.2000)

(25) Filing Language: Swedish

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
9903525-5 29 September 1999 (29.09.1999) SE

(71) Applicant (for all designated States except US): AB
VOLVO [SE/SE]; S-405 08 Göteborg (SE).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): HÖGLUND,
Anders [SE/SE]; Kornvägen 27, S-430 33 Fjärås (SE).
SÄRNBRATT, Ulla [SE/SE]; Våglängdsgatan 36, S-421
33 Göteborg (SE). MAGNUSSON, Ingemar [SE/SE];
Hökegårdsgatan 2a, S-431 38 Mölndal (SE). EISMARK,
Jan [SE/SE]; Silverkällegatan 4, S-414 72 Göteborg (SE).

(74) Agents: BERG, S., A. et al.; Albihns Patentbyrå Stock-
holm AB, P.O. Box 5581, S-114 85 Stockholm (SE).

(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

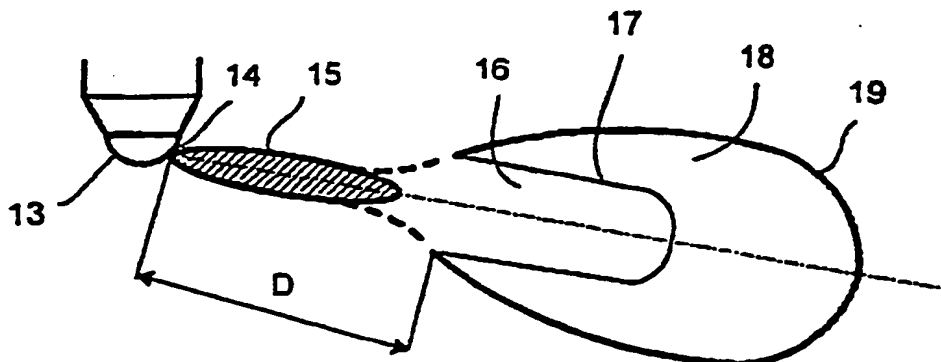
(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- With international search report.
- Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments.

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A COMBUSTION PROCESS IN A COMBUSTION ENGINE



(57) Abstract: Invention which, by means of spray-controlled, directly injected combustion with the aid of step-by-step technical development of the whole of the combustion system, achieves an intensified mixing process during injection and after-burning, which speeds up soot oxidation during various stages so effectively that the engine can be run with sufficiently high EGR content for desired NO_x and soot content down to ultra-low emissions, at the same time as parameters which control the efficiency are decoupled from measures for desired emission level, thereby enabling optimum efficiency to be attained for the process.

WO 01/23718 A1

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

| | | |
|--|---|--|
| Applicant's or agent's file reference 59784 | FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416) | |
| International application No. PCT/SE00/01893 | International filing date (day/month/year) 29.09.2000 | Priority date (day/month/year) 29.09.1999 |
| International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC ₇ F02B 3/00 | | |
| Applicant AB Volvo et al | | |

| |
|---|
| <p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p> |
| <p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p> |

| | |
|--|---|
| Date of submission of the demand 19.04.2001 | Date of completion of this report 04.10.2001 |
| Name and mailing address of the IPEA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88 | Authorized officer Björn Kallstenius / MRO Telephone No. 08-782 25 00 |

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☒ the international application as originally filed
- ☐ the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the claims:
pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement) under article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the drawings:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language English which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☒ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rules 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheet/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2 (c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are annexed to this report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item I and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/SE00/01893

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

| | | | |
|-------------------------------|--------|-------------|-----|
| Novelty (N) | Claims | <u>1-15</u> | YES |
| | Claims | | NO |
| Inventive step (IS) | Claims | <u>1-15</u> | YES |
| | Claims | | NO |
| Industrial applicability (IA) | Claims | <u>1-15</u> | YES |
| | Claims | | NO |

2. Citations and explanations (Rule 70.7)

Documents cited in the international search report:
US 4753213 A, US 5743243 A, US 6026786 A, US 5899389 and
DE 19804983 A1.

These documents all disclose the method and device defined in the preamble of claim 1 and include direct injection of the fuel into the combustion chamber of the engine.

In order to improve the mixing of the fuel spray with the air in the combustion chamber further kinetic energy is added to the fuel spray.

This feature has not been suggested in any of the cited documents and cannot be considered obvious to a person skilled in the art.

The industrial applicability is obvious.

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 00/01893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: F02B 3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | US 4753213 A (SCHLUNKE ET AL), 28 June 1988 (28.06.88) -- | 1-15 |
| X | US 5743243 A (YANAGIHARA), 28 April 1998 (28.04.98) -- | 1-15 |
| X | US 6026786 A (GROFF ET AL), 22 February 2000 (22.02.00) -- | 1-15 |
| X | US 5899389 A (PATAKI ET AL), 4 May 1999 (04.05.99) -- | 1-15 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 January 2001

Date of mailing of the international search report

22-01-2001

Name and mailing address of the ISA/
Swedish Patent Office
Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM
Facsimile No. +46 8 666 02 86

Authorized officer

Björn Kallstenius / JA A
Telephone No. +46 8 782 25 00

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/SE 00/01893

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | DE 19804983 A1 (DAIMLER-CHRYSLER AG), 12 August 1999 (12.08.99) ----- | 1-15 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/SE 00/01893

| Patent document cited in search report | | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|----------|----|---------------------|----------------------------|-------------|---------------------|
| US | 4753213 | A | 28/06/88 | AU | 596679 B | 10/05/90 |
| | | | | AU | 7636287 A | 04/02/88 |
| | | | | BE | 905444 A | 16/01/87 |
| | | | | CA | 1272650 A | 14/08/90 |
| | | | | DE | 3628645 A | 04/02/88 |
| | | | | FR | 2602278 A | 05/02/88 |
| | | | | GB | 2193252 A,B | 03/02/88 |
| | | | | GB | 8620121 D | 00/00/00 |
| | | | | IN | 172085 A | 27/03/93 |
| | | | | IT | 1197146 B | 25/11/88 |
| | | | | JP | 2874869 B | 24/03/99 |
| | | | | JP | 11193734 A | 21/07/99 |
| | | | | JP | 63038685 A | 19/02/88 |
| | | | | KR | 9404361 B | 23/05/94 |
| | | | | MX | 170714 B | 09/09/93 |
| | | | | SE | 463980 B,C | 18/02/91 |
| | | | | SE | 8603516 A | 02/02/88 |
| ----- | | | | | | |
| US | 5743243 | A | 28/04/98 | EP | 0803645 A | 29/10/97 |
| | | | | JP | 9287528 A | 04/11/97 |
| | | | | JP | 3097552 B | 10/10/00 |
| | | | | JP | 9287527 A | 04/11/97 |
| ----- | | | | | | |
| US | 6026786 | A | 22/02/00 | NONE | | |
| ----- | | | | | | |
| US | 5899389 | A | 04/05/99 | NONE | | |
| ----- | | | | | | |
| DE | 19804983 | A1 | 12/08/99 | WO | 9940301 A | 12/08/99 |
| ----- | | | | | | |

RECORD COPY
PCT

REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

| |
|--|
| or receive, Office use only |
| International Application No. / SE 00 / 01893 |
| International Filing Date 29-09-2000 |
| Name of receiving Office and PCT International Application The Swedish Patent Office PCT International Application |

Applicant's or agent's file reference 59784
(if desired) (12 characters maximum)

| | | |
|---|---|--|
| Box No. I | TITLE OF INVENTION | |
| Method for controlling a combustion process in a combustion engine | | |
| Box No. II | APPLICANT | |
| Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.) | | <input type="checkbox"/> This person is also inventor. |
| AB VOLVO S-405 08 GÖTEBORG Sweden | | Telephone No. |
| | | Facsimile No. |
| | | Teleprinter No. |
| State (that is, country) of nationality: SE | | State (that is, country) of residence: SE |
| This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input checked="" type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box | | |
| Box No. III | FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S) | |
| Name and address: Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.) | | This person is: |
| HÖGLUND, Anders Kornvägen 27 S-430 33 FJÄRÅS Sweden | | <input type="checkbox"/> applicant only <input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor <input type="checkbox"/> inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below.) |
| State (that is, country) of nationality: SE | | State (that is, country) of residence: SE |
| This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet. | | |
| Box No. IV | AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE | |
| The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as: | | <input checked="" type="checkbox"/> agent <input type="checkbox"/> common representative |
| Name and address: (Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country.) | | Telephone No. |
| BERG S A; FAGERLIN H; HAMMAR E; LETTSTRÖM R; KIERKEGAARD, L-O; LAGMAN, S; STENSTRÖM, J ALBIHNS PATENTBYRÅ STOCKHOLM AB, P.O. Box 5581, S-114 85 STOCKHOLM, Sweden | | +46 8 59 88 72 00 |
| | | Facsimile No. |
| | | +46 8 59 88 73 00 |
| | | Teleprinter No. |
| | | 11942 ALBIHNS S |
| <input type="checkbox"/> Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent. | | |

| Continuation of Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S) | |
|---|---|
| <i>If none of the following sub-boxes is used, this sheet is not to be included in the request.</i> | |
| <p>Name and address: <i>Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.</i></p> <p style="text-align: center;">SÄRNBRATT, Ulla Våglängdsgatan 36 S-421 33 GÖTEBORG Sweden</p> | <p>This person is:</p> <p><input type="checkbox"/> applicant only</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor</p> <p><input type="checkbox"/> inventor only <i>(If this check-box is marked, do not fill in below.)</i></p> |
| State (i.e. country) of nationality: SE | State (i.e. country) of residence: SE |
| <p>This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box</p> | |
| <p>Name and address: <i>Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.</i></p> <p style="text-align: center;">MAGNUSSON, Ingemar Hökegårdsgatan 2a S-431 38 MÖLNDAL Sweden</p> | <p>This person is:</p> <p><input type="checkbox"/> applicant only</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor</p> <p><input type="checkbox"/> inventor only <i>(If this check-box is marked, do not fill in below.)</i></p> |
| State (i.e. country) of nationality: SE | State (i.e. country) of residence: SE |
| <p>This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box</p> | |
| <p>Name and address: <i>Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.</i></p> <p style="text-align: center;">EISMARK, Jan Silverkällegatan 4 S-414 72 GÖTEBORG Sweden</p> | <p>This person is:</p> <p><input type="checkbox"/> applicant only</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor</p> <p><input type="checkbox"/> inventor only <i>(If this check-box is marked, do not fill in below.)</i></p> |
| State (i.e. country) of nationality: SE | State (i.e. country) of residence: SE |
| <p>This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input checked="" type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box</p> | |
| <p>Name and address: <i>Family name followed by given name; for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (i.e. country) of residence if no State of residence is indicated below.</i></p> | <p>This person is:</p> <p><input type="checkbox"/> applicant only</p> <p><input type="checkbox"/> applicant and inventor</p> <p><input type="checkbox"/> inventor only <i>(If this check-box is marked, do not fill in below.)</i></p> |
| State (i.e. country) of nationality: | State (i.e. country) of residence: |
| <p>This person is the applicant for the purposes of: <input type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box</p> | |
| <p><input type="checkbox"/> Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.</p> | |

B x No. V DESIGNATION OF STATES

The following designations are hereby made under Rule 4.9(a) (mark the applicable check-boxes; at least one must be marked):

Regional Patent

- ☒ **AP** ARIPO Patent: GH Ghana, GM Gambia, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ United Republic of Tanzania, UG Uganda, ZW Zimbabwe, and any other State which is a Contracting state of the Harare Protocol and of the PCT
- ☒ **EA** Eurasian Patent: AM Armenia, AZ Azerbaijan, BY Belarus, KG Kyrgyzstan, KZ Kazakhstan, MD Republic of Moldova, RU Russian Federation, TJ Tajikistan, TM Turkmenistan, and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT
- ☒ **EP** European Patent: AT Austria, BE Belgium, CH and LI Switzerland and Liechtenstein, CY Cyprus, DE Germany, DK Denmark, ES Spain, FI Finland, FR France, GB United Kingdom, GR Greece, IE Ireland, IT Italy, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Netherlands, PT Portugal, SE Sweden, and any other State which is Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT
- ☒ **OA** OAPI Patent: BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Central African Republic, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroon, GA Gabon, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauritania, NE Niger, SN Senegal, TD Chad, TG Togo, and any other State which is member State of OAPI and a Contracting State of the PCT (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line)

National Patent (if other kind of protection or treatment desired, specify on dotted line):

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> AE United Arab Emirates | <input checked="" type="checkbox"/> LC Saint Lucia |
| <input checked="" type="checkbox"/> AG Antigua & Barbuda | <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka |
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albania | <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Armenia | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Austria | <input checked="" type="checkbox"/> LT Lithuania |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australia | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxembourg |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Azerbaijan | <input checked="" type="checkbox"/> LV Latvia |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnia and Herzegovina | <input checked="" type="checkbox"/> MA Morocco |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbados | <input checked="" type="checkbox"/> MD Republic of Moldova |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgaria | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagascar |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brazil | <input checked="" type="checkbox"/> MK The former Yugoslav Republic of Macedonia |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Belarus | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolia |
| <input checked="" type="checkbox"/> BZ Belize | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexico |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH and LI Switzerland and Liechtenstein | <input checked="" type="checkbox"/> MZ Mozambique |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN China | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norway |
| <input checked="" type="checkbox"/> CR Costa Rica | <input checked="" type="checkbox"/> NZ New Zealand |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Cuba | <input checked="" type="checkbox"/> PL Poland |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ Czech Republic | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Germany | <input checked="" type="checkbox"/> RO Romania |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Denmark | <input checked="" type="checkbox"/> RU Russian Federation |
| <input checked="" type="checkbox"/> DM Dominica | <input checked="" type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input checked="" type="checkbox"/> DZ Algeria | <input checked="" type="checkbox"/> SE Sweden |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estonia | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapore |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Spain | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slovenia |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finland | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slovakia |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB United Kingdom | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenada | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tajikistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Georgia | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkmenistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana | <input checked="" type="checkbox"/> TR Turkey |
| <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambia | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinidad and Tobago |
| <input checked="" type="checkbox"/> HR Croatia | <input checked="" type="checkbox"/> TZ United Republic of Tanzania |
| <input checked="" type="checkbox"/> HU Hungary | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> UG Uganda |
| <input checked="" type="checkbox"/> IL Israel | <input checked="" type="checkbox"/> US United States of America |
| <input checked="" type="checkbox"/> IN India | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Uzbekistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> IS Iceland | <input checked="" type="checkbox"/> VN Viet Nam |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan | <input checked="" type="checkbox"/> YU Yugoslavia |
| <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenya | <input checked="" type="checkbox"/> ZA South Africa |
| <input checked="" type="checkbox"/> KG Kyrgyzstan | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Zimbabwe |
| <input checked="" type="checkbox"/> KP Democratic People's Republic of Korea | |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR Republic of Korea | |
| <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kazakhstan | |

Check boxes reserved for designating States which have become Party to the PCT after issuance of this sheet:

Precautionary Designation Statement: In addition to the designations made above, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all other designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) indicated in the Supplemental Box as being excluded from the scope of this statement. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit. (Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying that designation and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.)

29-09-2000

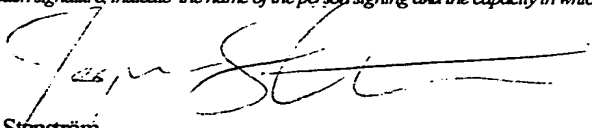
| Box No. VI PRIORITY CLAIM | | <input type="checkbox"/> Further priority claims indicated in the Supplemental Box | | |
|---|----------------------------------|--|---|---|
| Filing date of earlier application (day/month/year) | Number of earlier application | Where earlier application is: | | |
| | | national application: country: | regional application: * regional Office | international application: receiving Office |
| item (1) 29 September 1999 | 9903525-5 | SE | | |
| item (2) | | | | |
| item (3) | | | | |

☒ The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) (only if the earlier application was filed with the Office which for the purposes of the present international application is the receiving Office) identified above as item(s): (1)

* Where the earlier application is an ARIPO application, it is mandatory to indicate in the Supplemental Box at least one country party to the Paris convention for the Protection of Industrial Property for which that earlier application was filed (Rule 4.10(b)(ii)). See supplemental Box.

| | |
|---|---|
| Box No. VII INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY | |
| Choice of International Searching Authority (ISA) (If two or more international Searching Authorities are competent to carry out the international search, indicate the Authority chosen; the two-letter code may be used): ISA /SE | Request to use results of earlier search; reference to that search (if an earlier search has been carried out by or requested from the International Searching Authority): Date (day/month/year): Number Country (or regional Office) |

| | |
|--|--|
| Box No. VIII CHECK LIST; LANGUAGE OF FILING | |
| This international application contains the following number of sheets: request: 4 description (excluding sequence listing part): 31 claims: 4 abstract: 1 drawings: 5 sequence listing part of description: _____ Total number of sheets: 45 | This international application is accompanied by the item(s) marked below: 1. <input type="checkbox"/> fee calculation sheet 2. <input type="checkbox"/> separate signed power of attorney 3. <input type="checkbox"/> copy of general power of attorney; reference number, if any: 4. <input type="checkbox"/> statement explaining lack of signature 5. <input type="checkbox"/> priority document(s) identified in Box No. VI as item(s): 6. <input type="checkbox"/> translation of international application into (language): 7. <input type="checkbox"/> separate indications concerning deposited microorganism or other biological material 8. <input type="checkbox"/> nucleotide and/or amino acid sequence listing in computer readable form 9. <input type="checkbox"/> other (specify): Figure of the drawings which should accompany the abstract: 3 Language of filing of the international application: Swedish |

| | |
|---|--|
| Box No. IX SIGNATURE OR APPLICANT OR AGENT | |
| Next to each signature, indicate the name of the person signing and the capacity in which the person signs (if such capacity is not obvious from reading the request).  Jesper Stenström | |

| | | |
|---|---|---|
| 1. Date of actual receipt of the purported international application: 29-09-2000 | For receiving Office use only | 2. Drawings: <input checked="" type="checkbox"/> received: <input type="checkbox"/> not received: |
| 3. Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application: | | |
| 4. Date of timely receipt of the required corrections under PCT-Article 11(2): | | |
| 5. International Searching Authority (if two or more are competent): ISA/SE | 6. <input type="checkbox"/> Transmittal of search copy delayed until search fee is paid | |

| | |
|--|---|
| Date of receipt of the record copy by the International Bureau: 31 Oct 2000 | For International Bureau use only 31-10-2000 |
|--|---|

2 9 -09- 2000

Förfarande för att styra förbränningsförloppet i en
förbränningsmotor

5

UPPFINNINGENS OMRÅDE

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande för att
styra förbränningsförloppet i en förbränningsmotor,
enligt ingressen till det efterföljande patentkravet 1.

10 Speciellt avser uppfinningen en sådan metod för
minskning av sotemissioner och kväveoxidemissioner
(NOx), vilka bildas i förbränningsmotorer där
bränsle/cylindergasblandningen antänds av i cylindern
utvecklad kompressionsvärme.

15

BAKGRUND OCH TIDIGARE TEKNIK

Kväveoxider (NOx) bildas av luftens innehåll av kväve i
en termisk process som har ett starkt
temperaturberoende samt beror av den uppvärmda volymens
20 storlek och hur länge processen pågår.

Sotpartiklar är en produkt som under en förbränning
både kan bildas och senare oxideras till koldioxid
(CO₂). Den mängd sotpartiklar man mäter i avgaserna är
25 nettot mellan bildat sot och oxiderat sot. Processen är
mycket komplicerad. Förbränning med bränslerik dvs fet
bränsle/luftblandning med dålig omblandning vid hög
temperatur ger hög sotbildning. Om man vid tillräckligt
hög temperatur för god oxidationshastighet kan
30 sammanföra de bildade sotpartiklarna med oxiderande
ämnen såsom syreatomer (O), syremolekyler (O₂),
hydroxid (OH), kan en oxidation av en större del av
sotpartiklarna ske. I en dieselmotor anses
oxidationsprocessen vara i samma storleksordning som

2 9 -09- 2000

bildningen, vilket gör att netto sotproduktion blir skillnaden mellan bildad mängd sot och oxiderad mängd sot. Nettoemissionen av sot kan sålunda påverkas dels genom att minska bildningen av sot, dels genom att öka oxidationen av sot. Koloxidemissioner (CO) och kolväteemissioner (HC) är normalt mycket låga från en dieselmotor. Dock kan halterna stiga om oförbränt bränsle hamnar i relativt kalla områden. Sådana områden är speciellt cylindervägg nära zoner med stark kylning. Annat exempel är kaviteter mellan kolv och cylinderfoder.

En förbränningsprocess där bränslet insprutas direkt i cylindern och antänds av i cylindern ökad temperatur och tryck benämns allmänt som dieselprocessen. När bränslet antänds i cylindern sker en turbulent blandning av i cylindern befintliga förbränningsgaser till det brinnande bränslet, så att en blandningsstyrd diffusionsflamma bildas. Förbränningen av bränsle/gasblandningen i cylindern åstadkommer en värmeutveckling, som bringar gasen i cylindern att expandera och som därmed bringar kolven att flytta sig i cylindern. Beroende på ett flertal parametrar, såsom bränslets insprutningstryck, mängden av till cylindern återförda avgaser, insprutningstidpunkt av bränsle och i cylindern rådande turbulens, erhålles olika värden på verkningsgrad och emissioner, som avges från motorn.

Konventionella förbränningsmotorer, som arbetar enligt dieselprocessen, uppvisar förhållandevis höga värden vad avser avgivna emissioner, såsom kväveoxider och sotpartiklar.

Det är förut känt att minska sotpartikelbildningen genom att inspruta bränslet tidigt i eller före

2 9 -09- 2000

expansionstakten samtidigt som en tändfördröjning av bränslet eftersträvas, så att bränslet hinner förångas och blandas med i cylindern befintliga gaser innan antändningen av bränslet sker. Det finns således
5 metoder för att sänka halten av emissioner, som avges från en konventionell motor.

För att ytterligare sänka speciellt sotemissionerna har en känd metod föreslagits, som innebär att bränslet
10 insprutas direkt in i förbränningsrummet under förhållandevis högt insprutningstryck (upptill 2000 bar har prövats) via insprutningsanordningar anordnade i förbränningsrummet. Det höga insprutningstrycket resulterar i att flödes hastigheten hos bränslet
15 relativt insprutningsanordningen och cylindergasen blir hög. Bränslets höga flödes hastighet tillför energi till blandningsprocessen mellan bränsle och cylindergas, vilket leder till en hög blandingshastighet mellan dessa. Vid tillräckligt hög blandingshastighet hinner
20 ej de kemiska reaktioner mellan bränsle och cylindergas som leder till förbränning inte inträffa varför förbränningen sker längre in i förbränningsrummet. Man får en stor så kallad "lift-off", dvs ett relativt stort avstånd mellan
25 insprutningsanordningens mynning och det ställe nedströms i sprayen där bränsle/cylindergasblandningen reagerar. Det stora avståndet ger möjlighet för mer cylindergas och därmed syre att sugas in till de centrala delarna utav sprayen. Att förbränningen sker
30 längre in i förbränningsrummet ger som följd att bränsle och cylindergas blandas i högre grad innan förbränningen. När blandningshastigheten och förblandningen är tillräcklig sker förbränningen utav bränsle/cylindergasblandningen med tillräcklig mängd
35 syreför att minska bildningen av sotpartiklar i

2 9 -09- 2000

sprayen. Vid lägre flödeshastigheter på bränslet blandas inte cylindergasens syre tillräckligt väl med bränslet innan förbränning sker, varför mycket av förbränningen sker med större syreunderskott. Detta skapar stora mängder sotpartiklar. Blandningsprocessen mellan bränslet och cylindergasen sker enligt denna metod främst lokalt i sprayen. Nackdelen med denna metod är främst att kväveoxidemissionerna ej blir tillfredsställande låga, men även sotemissionerna kan bli något för höga. Utan avgasåterföring (Exhaust Gas Recirculation) finns en nedre gräns för hur låga kväveoxidemissioner som kan erhållas. Lägre kväveoxidemissioner åstadkommes vanligast genom att senarelägga tiden för start av insprutningen under en förbränningscykel. Ju senare efter kolvens övre dödläge förbränningen sker desto lägre kompressionstemperatur. Förbränningen sker i ett sådant fall vid en lägre temperatur vilket ger lägre kväveoxidemissioner. Emellertid påverkar den senarelagda starten av insprutningen den tillgängliga tiden för förbränningen att slutföras. Tillgänglig tid för sotoxidation minskar av samma skäl. Resultatet blir att motorns sotemissioner ökar alltmer ju senare förbränningen sker. Detta begränsar alltså hur låga kväveoxidemissioner som praktiskt kan nås utan avgasåterföring.

De flesta åtgärder som minskar sotemissioner ökar kväveoxidemissionerna. Man talar om en för dieselmotorn typisk "trade-off" mellan sotemissioner och kväveoxidemissioner som är svår att påverka.

För att ytterligare sänka emissionerna har en känd metod föreslagits, som innebär att bränslet insprutas i motorns laddluftssystem med lågt tryck under ett visst

tidsfönster, exempelvis under den tidiga delen av insugningstakten. Under insugningstakten återföres också en stor mängd avgaser till cylindern. Detta för att kyla ner förbränningsprocessen så att inte kväveoxider bildas. Bildningen av kväveoxider sker vid höga förbränningstemperaturer. De återförda avgaserna minskar koncentrationen av syre i förbränningsrummet, på grund av att en större andel av förbränningsrummet upptas av återinförda avgaser. Mindre mängd syre leder till en kallare förbränningsprocess, men samtidigt också till att mer sotemissioner bildas, på grund av större risk för lokala syreunderskott. Kvarvarande mängd syre måste därför utnyttjas på ett effektivare sätt vid reaktionerna med bränslet. Lösningen på detta är att tillföra mer blandningsenergi så att syret "hittar" till bränslet. Detta görs genom att låta de återförda avgaserna samt nytillförd luft strömma i en virvelrörelse, som allmänt kallas för swirl, så att en väsentligen homogen blandning av bränsle och cylindergas bildas i cylindern. När kolven sedan närmar sig övre dödläget värms den homogena bränsle/gasblandningen upp av den i cylindern uppkomna kompressionsvärmens. Eftersom bränslet tillförs i motorns laddluftssystem under insugningstakten kommer bränsle/gasblandningen att antändas när hela bränslemängden införts i cylindern och när antändningstemperatur uppnåtts i cylindern. Detta förbränningsförlopp brukar allmänt benämnas HCCI (Homogeneous Compression Combustion Ignition). Resultatet blir att mycket låga halter av både sot- och kväveoxidemissioner erhålls. Nackdelen med denna metod är dock att motorn endast är körbar vid låga laster. Anledningen är att förbränningen av hela bränslemängden i en homogen bränsle/cylindergasblandning sker alltför snabbt, dvs under relativt få vevvinkelgrader, vilket

2 9 -09- 2000

6

ger en alltför snabb eller plötslig och hållfasthetsbegränsande tryckuppbyggnad och maximal trycknivå i cylindern. En annan nackdel är att den bränsle/gasblandning, som befinner sig närmast cylinderväggarna hinner nedkylas och antänds därmed inte av kompressionsvärmen alternativt att bränsle, som brinner nära cylinderns väggar slocknar på grund av nedkylningseffekter nära väggarna. Detta leder till att en del av bränslet kondenserar på cylinderväggarna och passerar förbi kolven. Bränslet rinner därefter ner i motorns vevparti och blandas med motorns smörjolja, vilket leder till försämrade smörjegenskaper hos oljan. En ytterligare nackdel med denna metod är att tändningstidpunkten för bränsle/cylindergasblandningen är svårstyrd speciellt med varierande last och varvtal. Den oförbrända bränsle/gasblandningen medför också att kolväten bildas. Eftersom förbränningsförloppet enligt denna kända metod sker vid förhållandevis låg temperatur kommer avgasernas temperatur också att bli låg. Detta medför att efterbehandling av avgaserna försvåras, eftersom den låga avgastemperaturen inte alltid förmår att aktivera en i avgassystemet anordnad katalysator.

Det finns ytterligare en känd metod, som är en vidareutveckling av metoden ovan och som innebär att bränslet istället insprutas direkt i cylindern i ett sent skede under kompressionstakten eller tidig expansionstakt, varefter man tillser att bränsle/cylindergasblandningen antänds först när hela bränslemängden insprutats i cylindern. Här låter man de återförda avgaserna samt nytillförd luft strömma i en mycket snabb virvelrörelse, detta dels för att få en homogen blandning med bränslet så att syret utnyttjas på ett effektivt sätt samt också för att förhindra

bränslekondensering på cylinderväggarna. För att blandningen ska bli tillräcklig förlängs tändfördröjningen dvs tiden från det att bränslet börjar sprutas in till dess att
5 bränsle/cylindergasblandningen antänds. Resultatet blir även här att mycket låga halter av avgivna emissioner erhålls. Nackdelar med denna metod är främst att motorn endast är körbar vid låga laster, på grund av att förbränningsprocessen av hela bränslemängden i en
10 homogen bränsle/cylindergasblandning sker alltför snabbt, vilket ger hållfasthetsproblem på motorn. Även här fås relativt kalla avgaser varför avgasefterbehandling med hjälp av katalysator försvåras.

15

Uppfinningens uppgift är således att, mot bakgrund av ovanstående, styra förbränningsförloppet på ett sådant sätt att mycket låga sot- och kväveoxidemissioner erhålls under motorns hela arbetsområde dvs vid
20 samtliga belastningsfall samt även under transienta förlopp såsom till exempel vid acceleration. Föreliggande uppfinning bryter också den typiska "trade-off" (nämnt ovan) mellan sot- och kväveoxidemissioner och medger sänkning av
25 kväveoxidemissioner utan ökning av sotemissioner. Vidare tillser uppfinningen att hög verkningsgrad uppnås samt att cylindertrycken hålls på en acceptabelt låg nivå.

30 REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

Den uppfinningsenliga lösningen av uppgiften med hänsyn taget till den uppfinningsenliga metoden beskrivs i patentkravet 1. De övriga patentkraven beskriver föredragna utföringsformer och utvecklingar utav den
35 uppfinningsenliga metoden (krav 2 till 15)

2 9 -09- 2000

Metoden enligt uppfinningen innefattar att sprayen under insprutningsförloppet tillför en stor mängd rörelseenergi samt styr en sprayintern blandningsprocess samt tillför rörelseenergi till den storskaliga globala blandningsprocessen. Samtidigt tillförs genom kolvens rörelse och utformning rörelseenergi till den sprayinterna och till den globala blandningsprocessen.

10

Fördelen med detta är främst att låga sot- och kväveoxidemissioner erhålls.

I en första fördelaktig utföringsform utav den uppfinningsenliga metoden styrs sot- och kväveoxidemissionerna (NOx) samt motorns verkningsgrad väsentligen oberoende av varandra genom att sotemissionerna främst styrs av mängden tillförd blandningsenergi och att kväveoxidemissionerna främst styrs av mängden avgaser från tidigare förbränningsförlopp samt att verkningsgraden främst styrs av värmefrigörelsens tyngdpunkt och varaktighet. Fördelen med detta är att man i princip fritt kan välja emissionshalter och verkningsgrad för motorn.

25

I en fördelaktig andra utföringsform utav den uppfinningsenliga metoden utförs blandningen lokalt då bränsle och cylindergas blandas i områden uppströms de områden i sprayen där förbränning äger rum och då insprutningen fortsätter efter det att antändning skett dvs spraystyrd förbränning. Fördelen med detta är att en robustare förbränningsprocess erhålls, som klarar alla lastområden samtidigt som ultralåga emissionsnivåer erhålls.

35

I en fördelaktig tredje utföringsform utav den uppfinningsenliga metoden utförs blandningen globalt då väsentligen hela bränslemängden motsvarande en förbränningscykel sprutas in och blandas i cylindern
 5 innan antändning och förbränning sker. Även denna utföringsform klarar alla lastområden samtidigt som ultralåga emissionsnivåer erhålls. Denna utföringsform har många egenskaper gemensamt med HCCI. Den väsentliga skillnaden är att själva insprutningsförfarandet skapar
 10 den nödvändiga blandningen. Till skillnad från tidigare tekniker kan denna utföringsform även klara höga motorlastområden samtidigt som ultralåga emissionsnivåer erhålls utan en alltför snabb hållfasthetsbegränsande tryckuppbyggnad i cylindern.
 15 Anledningen till att tryckuppbyggnaden kunnat begränsas är en kombination av tillräckligt stor mängd EGR, tillräckligt låg temperatur och tillräckligt lågt tryck i cylindern som begränsar hastigheten hos de kemiska reaktioner som leder till tändning och förbränning.

20

Ytterligare fördelaktiga utföringsformer av den uppfinningsenliga metoden framgår utav de bifogade patentkraven.

25

FIGURBESKRIVNING

Föreliggande uppfinning kommer i det följande att beskrivas närmare under hänvisning till bifogade ritningar, vilka i exemplifierande syfte visar
 30 ytterligare föredragna utföringsformer av uppfinningen.

figur 1 visar en schematisk vy av en förbränningsmotor,
 figur 2 visar en schematisk vy av ett
 insprutarmunstycke från vilket bränsle sprutas enligt
 35 känd teknik,

figur 3 visar en schematisk vy av ett
insprutarmunstycke från vilket bränsle sprutas med ett
förfarande enligt föreliggande uppfinning,
figur 4 visar en schematisk vy av ett
5 insprutningsmunstycke, som är försett med ett flertal
öppningar och där bränslet insprutas i en cylinder
enligt uppfinningen,
figur 5a och b visar en schematisk vy av spray och
cylindergasrörelser i cylindern och
10 figur 6 visar ett diagram över sotemission som funktion
av kväveoxidemission vid olika parameterkombinationer.

DETALJERAD BESKRIVNING AV FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER AV UPPFINNINGEN

15 I figur 1 visas i en schematisk vy en förbränningsmotor
1, som är utformad att arbeta enligt dieselprocessen.
Motorn 1 innefattar en cylinder 2 och en i cylindern 2
fram- och återgående kolv 3, som är förbunden med en
20 vevaxel 4, så att kolven 3 är inrättad att vända i
cylindern 2 vid ett övre och nedre dödläge. Kolven 3 är
i sin övre yta 5 försedd med en fördjupning 6, som
bildar ett förbränningsrum 7. Kolvens 3 övre parti
benämns kolvtopp 8. Till cylindern 2 är en eller flera
25 insugningskanaler 9 kopplade. Förbindelsen mellan
respektive insugningskanal 9 och cylindern 2 kan öppnas
och stängas med en i varje insugningskanal 9 anordnad
insugningsventil 10. Till cylindern 2 är också en eller
flera avgaskanaler 11 kopplade. Förbindelsen mellan
30 respektive avgaskanal 11 och cylindern 2 kan öppnas och
stängas med en i varje avgaskanal 11 anordnad
avgasventil 12.

I cylindern 2 är åtminstone ett
35 bränsleinsprutarmunstycke 13 anordnat genom vilket

2 9 -09- 2000

bränsle insprutas i cylindern 2, så att bränslet blandas med i cylindern 2 komprimerad gas till bildande av en bränsle/gasblandning, som antänds av i cylindern 2 utvecklad kompressionsvärme.

5

Den i figur 1 visade förbränningsmotorn 1 innefattar en cylinder 2 och arbetar enligt fyrtaktsprincipen. Företrädesvis innefattar motorn 1 ett flertal cylindrar 2, som var och en är försedd med en kolv 3, där varje kolv 3 är förbunden med en gemensam vevaxel 4. Varje cylinder 2 kan innefatta två kolvar 3, så att motorn 1 därmed är utformad som en dubbelkolvmotor, i vilken förbränningsrummet bildas mellan kolvarna 3 (inte visat).

15

I figur 2 visas schematiskt ett insprutarmunstycke 13 från vilket bränsle sprutas enligt känd teknik. Det schematiskt visade insprutarmunstycket 13 har i figur 2 försetts med enbart en öppning 14. Genom öppningen 14 insprutas bränsle i motorns 1 cylinder 2. Det insprutade bränslet bildar en stråle 15 (vätskefas), vars form och utsträckning i cylindern 2 bland annat beror på storleken och formen hos öppningen 14 i insprutarmunstycket 13, bränslets momentana insprutningstryck och momentant cylindertryck i cylindern 2. Nedströms bränslestrålen 15 bildas ett första område 16 i vilket bränsle och cylindergaser initialt blandas till en fet bränsle/gasblandning. På randen 17 till detta första område 16 uppkommer en mycket bränslerik förblandad flamma. Efter passagen av den bränslerika flamman och under sin rörelse bort från insprutarmunstycket 13 fortsätter bränslet att reagera med i en omgivning med syreunderskott, så att sotpartiklar bildas under förbränningen. Denna förbränning med syreunderskott äger rum i ett andra

35

2 9 -09- 2000

12

område 18 nedströms bränslestrålen 15 och även nedströms det första området 16. Det brinnande bränslet färdas därefter mot en yttre rand 19 av det andra området 18, vid vilken ett stökiometriskt
5 bränsle/gasförhållande råder. Vid detta bränsle/gasförhållande äger den huvudsakliga värmefrigörelsen rum och här uppkommer också den högsta förbränningstemperaturen, vilket leder till att en del av de sotpartiklar som bildas vid förbränningen i det
10 andra området 18 kommer att förbrännas när de når nämnda yttre rand 19 hos det andra området 18. Hänvisningarna 15, 16, 17, 18, 19 med alla dess faser kallas allmänt för spray.

15 För att minska sotpartikelhalten insprutas bränslet med ett förfarande enligt föreliggande uppfinning, vilket skall beskrivas i samband med figur 3, 4, 5a och 5b. I figur 3 visas schematiskt ett insprutarmunstycke 13 från vilket bränsle sprutas enligt uppfinningen. Det
20 schematiskt visade insprutarmunstycket 13 har på samma sätt som i figur 2 försetts med enbart en öppning 14. Insprutarmunstycket 13 är i figur 2 och 3 avbildade i väsentligen samma skala. Kännetecknande för uppfinningen är att sprayen under insprutningsförloppet
25 tillför en stor mängd rörelseenergi samt styr en sprayintern blandningsprocess samt tillför rörelseenergi till den storskaliga globala blandningsprocessen. Vidare tillförs genom kolvens rörelse och utformning rörelseenergi till den
30 sprayinterna och till den globala blandningsprocessen. Detta medför att det första området 16 i sprayen förstoras samtidigt som det andra området 18 blir förhållandevis mindre och att efteroxidation av sotpartiklar maximeras.

Företeträdesvis insprutas bränslet med ett insprutningstryck som är högre än 300 bar, företeträdesvis mellan 1000 till 3000 bar för att genomföra förfarandet. Valet av insprutningstrycksnivå
5 varierar starkt med varvtal och momentuttag samt av önskad mängd återförda avgaser, som i sin tur styr kväveoxidemissionen. Flödeshastigheten hos det i cylindern 2 insprutade bränslet och formen hos bränslestrålen 15 medför också att avståndet D mellan
10 insprutarmunstycket 13 och den del av den yttre randen 18 hos det andra området 18 där förbränning sker ökar. Detta avstånd D benämns "lift-off". Genom att detta avstånd D ökar kan en större andel cylindergaser transporteras av bränslestrålen i riktning mot och in i
15 det första området 16 och blandas med bränslet. Således erhålles en avmagring av bränsle/gasförhållandet i det första området 16. . Detta leder till minskad bildning av sot genom att området 18 där sotbildningen sker är mindre samt genom att sotbildningen sker i mindre
20 bränslerika zoner längre från insprutarmunstycket 13. Den större rörelseenergin som tillförs genom bränsleinsprutningen och genom kolvens rörelse leder dessutom till en effektiv global blandning av bränsle och cylindergas vilket leder till en effektiv oxidation
25 av de sotpartiklar som ändå bildas.

Det är enligt uppfinningen möjligt att styra bränsleinsprutningstrycket, så att det varierar under insprutningen av bränslet i cylindern 2. Speciellt goda
30 resultat erhålles om bränslet i början av insprutningen insprutas med det högsta tryck, som uppkommer under insprutningen. Detta tryck benämns öppningstrycket, eftersom detta tryck uppkommer när bränsleinsprutarmunstycket 13 öppnas för insprutning av
35 bränsle i cylindern 2. Företeträdesvis väljs ett

2 9 -09- 2000

insprutningssystem (inte visat) som är anpassat för att erbjuda ett öppningstryck, som uppnår det högsta tryck som uppkommer under bränsleinsprutningen. Företrädesvis är också insprutningssystemet utformat så att
5 bränsleinsprutningstrycket kan styras, så att en variation av bränsleinsprutningstrycket erhålles under insprutningen av bränslet i cylindern 2. Därmed erhålles möjlighet att påverka motorns verkningsgrad samt sotpartikelbildningen, vilket skall förklaras
10 närmare nedan. Även mängden och den flödes hastighet med vilket bränslet insprutas kan styras med hjälp av insprutningssystemet.

Flödes hastigheten hos det i cylindern 2 insprutade
15 bränslet och formen hos bränslestrålen från insprutarmunstycket 13 beror bland annat av insprutningstrycket, men också av storleken och formen hos insprutarmunstyckets 13 öppning eller öppningar 14 samt av det rådande kompressionstrycket i cylindern 2.
20 Antalet öppningar 14 inverkar också på förbränningsförloppet. Insprutningen måste ske i samklang med cylindergasens tillstånd. I en dieselmotor har gasen komprimerats cirka 10-25 ggr beroende på motorutförande. Detta ger en mycket hög gasdensitet
25 vars molekyltäthet är sådan att sprayer, trots höga tryck och hastigheter, kan påverkas kraftigt. Det är t ex känt att med en viss swirl finns det ett optimalt antal hål då sprayen varken för lätt eller med för stor svårighet kan ta sig igenom gasmassan, så kallad
30 spraypenetration.

Ett insprutarmunstycke 13 med en öppning 14 eller med ett stort antal öppningar 14 kan utnyttjas. Exempelvis kan insprutarmunstycket 13 försees med ett poröst
35 material, som erbjuder ett mycket stort antal öppningar

14. Företrädesvis väljs antalet öppningar 14 så att den tillgängliga volymen och formen hos förbränningsrummet 7 utnyttjas optimalt. Genom att optimalt utnyttja den tillgängliga volymen och formen hos förbränningsrummet 7 erhålles en så stor andel luftburen förbränning av bränslet som möjligt. Därmed kan en väggnära förbränning av bränslet i så stor mån som möjligt undvikas, vilket minimerar värmeförluster under förbränningsförloppet samt minskar alstringen av kolväten (HC) och koloxid (CO). De minskade värmeförlusterna förbättrar motorns 1 termiska verkningsgrad. Nedan redogörs även för en annorlunda strategi där kontakt mellan förbränningsgaser och förbränningsrummets väggar medvetet används för att generera global blandningsenergi. Öppningarnas 14 riktning i insprutarmunstycket 13 har också betydelse för utnyttjandegraden av den tillgängliga volymen hos förbränningsrummet 7. Ett arrangemang med dubbla rader av öppningar 14 i insprutarmunstycket 13 är tänkbart. Företrädesvis anordnas öppningarna 14 då på ett sådant sätt att bränslestrålarna 15 från de olika öppningarna 14 stör varandra. Vi får en ökad lokal tillblandning av syre och bränsle i och kring sprayerna. Respektive rad av öppningar 14 kan även utformas för olika åtgärder. Exempelvis kan en av raderna av öppningar 14 vara speciellt anpassad för att påverka tändfördröjningen av bränslet. Öppningarna 14 kan utformas divergerande, så att en konformad bränslestråle 15 skapas. Öppningarna 14 kan också utformas så att en avlösning eller kavitation skapas i öppningen 14, vilket resulterar i ökad turbulensenergi. Förfarandet enligt uppfinningen kan också genomföras med ett bränsleinsprutarmunstycke 13, som blandar in luft i bränslestrålen 15. En ytterligare faktor som inverkar på det insprutade bränslets flödes hastighet och form är den i cylindern 2

rådande globala gasrörelsen och den turbulensen den skapar hos cylindergaserna, vilket skall förklaras närmare nedan.

5 Det insprutade bränslets flödes hastighet och formen hos bränslestrålen 15 och därmed sprayen medför att cylindergaser transporteras av bränslestrålen 15 i riktning mot den brinnande bränsle/gasblandningen på ett sådant sätt att blandningshastigheten mellan
10 bränslet och cylindergaserna blir stor i det första området 16. På så vis erhålles en spraystyrd intensifierad blandningsprocess, vilken ger en kontinuerlig och ökad sprayintern förblandning av bränsle och cylindergaser. Därmed förstoras det första
15 området 16, såsom visas i figur 3. Den höga blandningshastigheten medför att bränslet inte kan antändas. Det är först när blandningshastigheten minskar, vilket sker vid det första områdets 16 yttre rand 17, som bränslet antänds. Bränsle/gasförhållandet
20 är, enligt uppfinningen, vid det första områdets 16 yttre rand 17 magrare än det bränsle/gasförhållande, som råder vid det första områdets 16 yttre rand 17 enligt den kända tekniken, som visas i figur 2. Således förflyttas den yttre randen 17 hos det första området
25 16 i riktning nedströms bränslestrålen 15 i det andra området 18 där magrare bränsle/gasförhållande råder. Detta leder till att en mindre andel sotpartiklar bildas när det antända bränslet färdas i det andra området och mot den yttre randen 19 hos det andra
30 området 18, vilket leder till att en stor andel av de bildade sotpartiklarna brinner upp vid det andra områdets 18 yttre rand 19.

På grund av den höga temperaturen i cylindern 2 kommer
35 en andel av de sotpartiklar som inte brinner upp vid

2 9 -09- 2000

det andra områdets 18 yttre rand 19 att brinna upp i cylindern 2 utanför det andra området 18 eller i ett senare skede efter insprutningens slut på godtycklig position i cylindern 2 där förutsättningar för oxidation av sot finns. En sådan förbränning av sotpartiklarna benämns efteroxidation. Efteroxidationen kan förstärkas genom att tillföra mer blandningsenergi så att kvarvarande syre "hittar" sotpartiklarna. Blandningsenergin, för den globala storskaliga tillblandningen, kan tillföras på flera sätt. Kolvens 3 rörelse och utformning kan bringa cylindergasen i rörelse. Insugningskanalens 9 form tillsammans med att tillförd frisklufts-/avgasblandning införs med relativt hög hastighet kan bringa cylindergasen i en virvelrörelse (swirl). Även andra delar i förbränningsrummet kan utformas så att de styr cylindergasrörelsen på ett visst sätt. Vidare kan insprutningskaraktäristiken utnyttjas till att åstadkomma en global blandningseffekt som överlever så långt in på efterförbränningen som möjligt. Avgörande för detta är hur mycket rörelseenergi varje spray tillför cylindergasen. Givet en viss nödvändig flödeskapacitet för en spridare väljs antalet hål för att variera rörelseenergin per hål för att tillsammans med utformningen av kolven 3 åstadkomma en optimal gasrörelse som överlever till efter insprutningstidens slut. Exempelvis ger få hål ett större massflöde per hål och alltså större rörelseenergi per spray givet att flödestal och övriga hårdvara och inställningar är lika. Detta kan utnyttjas till att med hjälp av en optimering av systemets kolvgeometri, sprayriktning, insprutningskaraktäristik och gastillstånd använda en styrd rörelse av förbränningsgaser utmed kolvens 3 väggar för att åstadkomma en storskalig global rörelse med potential att överleva en tid efter

2 9 -09- 2000

insprutningstidens slut. Gasrörelsen utmed cylinderväggen har fördelen att den skapar turbulens då cylinderväggen tvingar gasströmmen att ändra riktning. Nackdelen är dock att större värmeförluster erhålls, vilket ger sämre verkningsgrad. Vidare kan för att öka efteroxidationen ytterligare multipla bränsleinsprutningar utföras. En eller flera insprutningar kan utföras sent under förbränningsförloppet. Genom att spruta in en liten bränslemängd under mycket högt tryck sent i förbränningsförloppet erhålles ett rörelseenergitillskott sent under förbränningsförloppet, som omsätts till turbulens av det brinnande bränslet och cylindergaser. Den ökade turbulensen hos det brinnande bränslet och cylindergaserna gynnar efteroxidationen av sotpartiklarna.

Ett exempel på hur kolvens geometri kan öka gastransporten in i det första området 16 är att en mellan kolven 3 och cylindern 2 bildad gasrörelse 20 styr gasen i cylindern 2 i riktning mot bränsleinsprutarmunstycket 13 för att vid munstycket 13 transporteras av bränslet mot den brinnande bränsle/gasblandningen. I figur 4 visas hur en gasrörelse 20 bildas av att den i cylindern 2 befintliga gasen pressas ut genom en spalt 21 mellan periferin hos kolvtoppen 8 och cylinderns 2 ände, när kolven 3 befinner sig vid det övre dödläget. Denna gasrörelse 20 benämns "squish". Figur 5a och 5b visar schematiskt ytterligare hur sprayen 27,28 påverkas strax före övre dödläget respektive strax efter övre dödläget av cylindergasrörelser 25 skapade av kolvens 3 rörelse 26 och utformning 29. I figur 5a pågår insprutning och spraystyrd omblandning och kolven är på

våg upp 26. Den cylindergas som kläms i spalten 21 mellan kolvtoppen 8 och cylinderns 2 ände tvingas att röra sig in mot sprayens "Lift-off"-område. I figur 5b är insprutningen avslutad och kvarvarande rörelseenergi, tillförd genom bränslets insprutning, får sprayen 28 att svänga runt i en uppåtgående riktning på grund av kolvens 3 utformning 29. På sin väg uppåt, i detta fall, kan sprayen 28 möta en motgående cylindergasström 25, så kallad "backsquish", vilken skapas av kolvens 3 nedåtgående rörelse 26. Där sprayen 28 och cylindergasströmmen 25 möts uppstår mycket turbulens, vilket förstärker efteroxidation. Kolvgeometrin i figur 5a och 5b är godtyckligt vald. Ventilarrangemang är i förtydligande syfte ej inritat i figur 5a och 5b.

Det är också möjligt att åstadkomma en virvel (inte visad) i cylindern 2 vars rotationsaxel sammanfaller med cylinderns 2 centrumaxel 22, en sådan virvel benämns "swirl". Denna virvel kan åstadkommas av cylindergasernas rörelseenergi under insugningstakten och/eller av kolvens 3 rörelse i cylindern 2. För att förstärka turbulensen i denna virvel kan den storskaliga swirlen brytas ner till turbulens med speciella utskott eller klackar (inte visade) anordnade på kolven 3. Swirl förlänger tändfördröjningen samt förhindrar bränslet att nå cylinderns väggar 23, vilket förhindrar bildandet av kolväten HC. Företrädesvis väljs om möjligt så lågt swirltal som möjligt, exempelvis i området 0 - 0,5 men nivåer i området 0,5 - 10 är också tillämpliga. Låg swirl anses ge lägre värmeförluster och därmed bättre verkningsgrad innan tändning sker därför att låga luftrörelser nära väggar genererar mindre värmeövergång. Låg swirl är också strömningstekniskt mindre energikrävande, dvs motorns

2 9 -09- 2000

volymarbete under insugningstakten blir lägre vilket också ökar totalverkningsgraden. Det skall påpekas att metoden enligt uppfinningen är tillämpbar utan swirl i cylindern 2.

5

Genom att optimera förutsättningarna för den sprayinterna blandningsprocessen samt de storskaliga globala blandningsprocesserna erhålls dels ett i sprayen kraftigt minskat område 18, dvs där sot bildas, 10 samtidigt som efteroxidationen av kvarvarande sot ökas. Detta ger sammantaget en radikal nettominskning av sotemissioner.

I figur 4 visas ett exempel på hur bränsle insprutas i 15 cylindern 2. Öppningarna 14 i insprutarmunstycket 13 är så placerade att en väsentligen luftburen förbränning av bränslet erhålles, vilket innebär att bränslet insprutas så att det förhindras att nå kolvtoppen 8 eller cylinderns 2 väggar 23. Dock, som nämnts ovan kan 20 även en delvis väggnära gasrörelse och förbränning väljas för att gynna global blandning och skapandet av turbulens. I figur 4 har insprutarmunstycket 13 försetts med två öppningar 14. I förtydligande syfte har insugnings- och avgaskanaler avlägsnats från 25 figuren.

För att minska de från motorn 1 avgivna kväveoxidemissionerna (NOx) kan avgaser från tidigare förbränningsförlopp återföras till cylindern 2. De 30 återförda avgaserna bidrar också till att hastigheten hos de kemiska reaktioner, som leder till tändning av bränslet sänks, vilket medför att en lång tändfördröjning erhålles. En lång tändfördröjning är bra, eftersom mer tid finns för blandningsprocessen 35 mellan bränslet och cylindergaserna. I en traditionell

29 -09- 2000

dieselmotor får inblandningen av mer avgaser till följd att sotemissionerna ökar eftersom det blir en mindre koncentration av syre i cylindergasen. Dock, om man liksom ovan beskrivet tillser att utnyttja det

5 kvarvarande syret effektivt genom att tillräckligt med blandningsenergi tillförs, så har inte koncentrationsminskningen av syret någon väsentlig betydelse för sotemissionerna. Med andra ord så kan kväveoxidemissionerna styras, med främst mängden

10 återförda avgaser, i stort sett oberoende av sotemissionerna. Det är möjligt att fritt välja mängden kväveoxidemissioner genom att styra med mängden återförda avgaser i den komprimerade cylindergasen. Mängden återförda avgaser i den komprimerade

15 cylindergasen kan varieras mellan typiskt 0-70% (volymprocent). För att få mycket låga kväveemissioner väljs företrädesvis mängden återförda avgaser i ett intervall mellan 40-50% (volymprocent). Intervallet 0-70% berör medelhöga motorlastområdena samt upp till

20 maxlast. Vid låglastområden kan ännu högre halter av återförda avgaser förekomma. Halten av återförda avgaser väljs till att motsvara att syrehalten varieras från ungefär 21% ner till ungefär 15 % (volymprocent). För mycket låga kväveoxidemissioner företrädesvis i

25 nära 15%.

Den höga halten av de återförda avgaserna kan indirekt bidra till att bildandet av sotpartiklar minskar. Såsom beskrivits ovan skapas under förbränningsförloppet

30 turbulens med hög intensitet, som i sin tur leder till så hög blandningshastighet mellan bränslet och cylindergaserna att sotbildning ej kan äga rum, förutsatt att den lokala bränsle/gasblandningen har ett tillräckligt lågt bränsleöverskott. Effekten av en hög

35 blandningshastighet är beroende av de vid

2 9 -09- 2000

förbränningsförloppet uppkomna kemiska reaktionernas hastighet. Den höga blandningshastighetens inverkan på sotpartikelbildningen blir större med långsammare kemiska reaktioner, vilket leder till låg
5 sotpartikelbildning.

Andra metoder för att öka tändfördröjningen är att spruta in bränslet sent i förhållande till det övre dödläget. När bränslet insprutas så sent har
10 kompressionstemperaturen sjunkit och trycket i cylindern 2 minskat, vilket bidrar till den sena tändtidpunkten. Det är också möjligt att öka tändfördröjningen genom att kyla cylindergaserna innan de förs in i cylindern 2. Genom att sänka
15 kompressionsförhållandet erhålles också en ökad tändfördröjning. För bästa stabilitet och robusthet i förbränningsförloppet föredras dock en ökad blandningsintensitet framför förlängd tändfördröjning. En anledning är att ökande tändfördröjning ger en
20 alltmer ökande andel bränsle som kan blandas med cylindergasen på ett slumpmässigt sätt. Förbränningen i en kolvmotor 1 är av nödvändighet turbulent vilket gör att sannolikheten för olikheter i olika förlopp därför är stor. Spraystyrd förbränning är
25 erfarenhetsmässigt relativt stabil. En annan anledning är att en ökning av tändfördröjningen innebär en exponentiellt ökande risk för instabiliteter i tändningsprocessen, vilket i värsta fall kan leda till helt utebliven tändning. En kritisk varaktighet för
30 tändfördröjningen är när de naturliga fluktuationerna i tändfördröjningen blivit så stora att spontana misständningar inträffar.

Den sprayinterna blandningsprocessen styrs främst av
35 flödeshastigheten och formen hos sprayen, men även av

2 9 -09- 2000

gastillståndet och halten avgaser i cylindern (2), som återförs till cylindern (2) från tidigare förbränningsförlopp.

- 5 Med förfarandet enligt uppfinningen erhålls ett förbränningsförlopp, som ger låga emissioner vid motorns hela arbetsområde, från låg till hög last samt även transienta förlopp såsom t ex accelerationer. Anledningen är att förbränningen är spraystyrd och sker
- 10 kontinuerligt, vilket medger god kontroll av maximalt cylindertryck och tryckgradienter. Under praktiska försök har kväveoxidhalter och sotpartikelhalter erhållits, som enbart uppgår till en tiondel av vad som bäst kan förväntas av en konventionell dieselmotor med
- 15 spraystyrd diffusionsförbränning. Exempel på uppmätta kväveoxidhalter och sotpartikelhalter som erhållits är 0,05 - 0,6 gram/kWh respektive 0 - 0,07 gram/kWh.

- Förfarandet enligt uppfinningen ger två olika sätt att
- 20 nå ultralåga sot- och kväveoxidemissioner. Detta ska illustreras genom figur 6. Diagrammet i figur 6 visar schematiskt hur sotemissionerna och kväveoxidemissionerna beror av varandra. X-axeln visar mängd sotemissioner och y-axeln visar mängd
- 25 kväveoxidemissioner. Hänvisningarna A, B, C, D, E och F visar var i diagrammet motsvarande dagens samt morgondagen lagkrav, vad gäller sot- och kväveoxidemissioner (NOx) befinner sig.

- A motsvarar dagens dieselmotorers emissionsnivåer och lagkrav.
- 30

-B motsvarar us02, dvs NOx halveras med bibehållen sotnivå.

-C motsvarar euro4, dvs NOx bibehålls och sot minskas till ¼ jämfört med us02.

2 9 -09- 2000

-D motsvarar antaget euro5, dvs NOx halveras jämfört med euro4.

-E motsvarar antaget euro5+, dvs NOx halveras igen jämfört med euro5.

- 5 -F motsvarar us07, dvs NOx minskas 10 ggr jämfört med euro5+.

Det rektangulära området längst ner till vänster i diagrammet i figur 6 illustrerar de framtida ultralåga kraven på emissioner dvs F. Hänvisningarna D1 till D7 i
10 diagrammet illustrerar olika sätt att styra förbränningsprocessen i en dieselmotor för att nå de olika emissionskraven. Den stora pilen "motoråtgärder" i diagrammet visar hur sotpuckeln pressas ner mot ultralåga nivåer med de olika tekniksteg.

- 15 -D1 motsvarar dagens teknik. Sotemissionerna är relativt låga och kväveoxidemissionerna är medelhöga.

-D2 Här har avgasåterföringen ökats. Motorkonfigurationen är densamma som i D1. Kväveoxidemissionerna minskar med ökande
20 avgasåterföring medan sotemissionerna stiger i höjden pga lägre syrekoncentration. Sotemissionskravet för B passeras.

-D3 Här ökas avgasåterföringen ytterligare och/eller att start av insprutning senareläggs. Båda förlänger
25 den globala tändfördröjningen så mycket att allt bränsle hinner sprutas in innan tändning sker. Detta ger en tillräcklig blandning för att nå ultralåga emissioner, dvs F. Detta representerar första sättet att nå F.

30 -D4 Motoråtgärder av typ högre insprutningstryck ger en lägre rökpuckel. Kväveoxidemissionerna är möjliga att sänka till C. Här används inte förlängd global tändfördröjning dvs att allt bränsle sprutas in innan det antänds.

2 9 -09- 2000

25

-D5 Ytterligare åtgärder, som ökar turbulensen, har nästan minimerat sotpuckeln. Kväveoxidemissionerna är nu möjliga att sänka till E. Här används inte heller förlängd global tändfördröjning.

- 5 -D6 Slutmålet är att sotpuckeln helt dämpas ut med motoråtgärder. Motoråtgärderna som krävs här är mer avancerade och kan förutom högt insprutningstryck även vara variabla ventiltider, variabel kompression samt reoptimering av förbränningskonceptets övriga
- 10 konstruktionsparametrar som kolvgeometri och insprutningssystem. Då sotemissionerna har sänkts till ultralåga nivåer kan kväveoxidemissionsnivån väljas helt fritt med bibehållen låg sotnivå. Detta motsvarar att man rör sig utmed den streckade, med x-axeln
- 15 parallella, linjen längst ner i diagrammet. I D6 används inte förlängd global tändfördröjning utan man når ultralåga emissioner fortfarande endast med spraystyrd förbränning.
- D7 Här erhålls ultralåga emissioner med spraystyrd
- 20 förbränning samt med relativt tidig start av insprutning. God verkningsgrad och robusthet har uppnåtts. Detta representerar det andra sättet att nå F.

- Förfarandet enligt uppfinningen medför också att den
- 25 under förbränningsförloppet alstrade kväveoxidhalten, sotpartikelhalten och motorns 1 verkningsgrad kan styras väsentligen oberoende av varandra. Detta bidrar till att motorn blir körbar under motorns hela arbetsområde samt att ultralåga emissioner kan uppnås
- 30 under motorns hela arbetsområde. Den under förbränningsförloppet alstrade kväveoxidhalten är främst beroende av andelen återförda avgaser till cylindern 2. Därmed kan kväveoxidhalten styras, som ovan nämnts, med hjälp av avgasåterföringen, vilket

2 9 -09- 2000

medför att en väsentligen valfri kväveoxidhalt kan uppnås.

Den under förbränningsförloppet alstrade
5 sotpartikelhalten är beroende av flödeshastigheten och
formen hos det genom bränsleinsprutarmunstycket 13
insprutade bränslet samt av den blandningsprocess
mellan bränslet och cylindergaser, både globalt och
lokalt, som bränslets flödeshastighet och form skapar i
10 cylindern 2. Flödeshastigheten och formen hos det genom
bränsleinsprutarmunstycket 13 insprutade bränslet är i
sin tur beroende av det tryck, som bränslet insprutas
med i cylindern 2 och öppningarnas 14 form i
bränsleinsprutarmunstycket 13. Det ovan nämnda squish
15 och swirl inverkar också på blandningsprocessen mellan
bränslet och cylindergaserna. Därmed kan
sotpartikelhalten styras med hjälp av trycket hos det
insprutade bränslet, öppningarnas 14 antal, riktning
och form i insprutarmunstycket 13 samt av den i
20 cylindern skapade storskaliga globala
cylindergasrörelserna, dvs squish och swirl samt
kombinationer av desamma. Med att öppningarnas 14 form
kan varieras menas här också att öppningarnas 14
storlek kan varieras.

25 Motorns 1 verkningsgrad styrs av värmefrigörelse, dess
form och varaktighet. Detta påverkas av såväl bränslets
insprutningsförlopp, främst tidpunkten då insprutning
startar, som av cylindergasernas sammansättning och
30 tillstånd samt av systemets geometri beskrivet i
hålantals, sprayriktning och förbränningsrummets
geometri. Med värmefrigörelsens varaktighet menas det
tidsförlopp under vilket värme frigörs under
förbränningsförloppet i cylindern 2. Vidare påverkas
35 motorns verkningsgrad av systemets värmeförluster till

2 9 -09- 2000

omgivande cylinderväggar. Värmeförlusterna kan påverkas med samma parametrar som nämnts ovan. Således kan bränslet insprutas i cylindern 2 vid en viss tidpunkt och under ett visst tidsförlopp, så att motorns 1
5 verkningsgrad därmed kan styras. En lämplig tidpunkt för att påbörja insprutningen av bränslet i cylindern (2) är vid en vevaxelvinkel av 20° före till 20° efter det övre dödläget.

10 Förfarandet enligt uppfinningen medger att man till stor del kan styra parametrarna kväveoxidemission, sotemission och verkningsgrad oberoende av varandra, dvs att;

- 15 • kväveoxidemissioner styrs främst genom mängden återförda avgaser,
• sotemissioner styrs främst med insprutningstrycket, samt
• verkningsgrad styrs främst med tidpunkten då
20 insprutningen startar under en förbränningscykel.

Detta gäller för en given motorbyggnation. Om man dessutom tillför variabel kompression och/eller variabla ventiltider kan cylindergasens tillstånd
25 manipuleras, vilket ger nya optimeringsmöjligheter, såväl som grundmotor betraktad som vid drift i verklig körning, med de parametrar som nämns ovan. Med förfarandet enligt uppfinningen blir det samtidigt möjligt att optimera kompressionsförhållandet för bästa
30 verkningsgrad oberoende av de tre huvudparametrarna ovan. Fördelen med ett sådant förfarande är att man då, med avseende på robusthet, styrbarhet och verkningsgrad, återigen kan närma sig dagens kända dieselprocess (blandningsstyrd diffusionsflamma) vad

2 9 -09- 2000

gäller verkningsgrad, dvs mer än 45% verkningsgrad och full styrbarhet från förbränningscykel till förbränningscykel.

- 5 Förfarandet enligt uppfinningen medför att tidpunkten när bränslet antänds kan styras mycket noggrant samt att transienta förlopp, exempelvis vid acceleration, kan styras för att erhålla låga emissioner. I och med att bränslet antänds och börjar brinna redan under
10 insprutningstiden och fortsätter förbrännas även efter insprutningstidens slut så förbränns inte allt, under en insprutningscykel, insprutat bränsle på en gång (jfr tidigare känd teknik). En jämnare och tillräckligt långsam tryckuppbyggnad med ett acceptabelt topptryck
15 erhålls i cylindern, vilket minskar hållfasthetsproblemen.

- Det är också möjligt att genomföra förfarandet enligt uppfinningen genom att ansluta en avgasturbo eller en
20 kompressor (inte visad) till förbränningsmotorn 1. Ovan har en förbränningsmotor 1, som arbetar enligt fyrtaktsprincipen, behandlats. Förfarandet enligt uppfinningen är möjligt att tillämpa på en förbränningsmotor, som arbetar enligt en annan princip,
25 såsom enligt två-, sex- eller åttataktsprincipen. Sex- och åttatakt kan exempelvis åstadkommas genom en eller två extra kompressionstakter utan att bränsle insprutas i cylindern för att därmed erhålla speciella egenskaper hos den i cylindern 2 tillförda gasblandningen. Vid
30 tillämpning av förfarandet enligt uppfinningen på t ex en frikolvmotor, som inte har en vevaxel, omräknas i detta dokument angivna vevvinkelgrader till motsvarande avstånd i en sådan motor.

Förbränningsmotorn 1 kan också förse med insugnings- och avgasventiler 10, 12, som kan styras så att ventilernas 10, 12 öppnings- och stängningstider kan varieras. Därmed kan en termodynamisk manipulation av gastillstånd och turbulens i cylindern 2 åstadkommas genom att öppna och stänga ventilerna 10, 12 på ett lämpligt sätt. Med variabla öppnings- och stängningstider hos insugnings- och avgasventilerna 10, 12 är det möjligt att påverka det effektiva kompressionsförhållandet.

Variabelt kompressionsförhållande är en teknik som kraftfullt påverkar gastillståndet och som kan optimeras över varvtals- och momentområdet. En sådan motor kan effektivt optimeras för bästa möjliga verkningsgrad samt för uppfinningens övriga egenskaper t ex avseende emissioner.

Bränsletypen som används för att genomföra förfarandet enligt uppfinningen kan utgöras av konventionell dieselolja. Även andra bränsletyper är användbara. Genom att använda en bränsletyp med ett lågt värmeinnehåll eller en konventionell dieselolja med tillsatser, som sänker värmeinnehållet, kan en ökad turbulens skapas av det insprutade bränslet genom att förhållandevis mer bränsle måste insprutas i cylindern 2. Även andra bränslespecifika egenskaper, såsom förångningskurva, syreinhåll, cetantal med mera kan användas för att optimera förbränningsförloppet. Vidare är det möjligt att blanda bränslet med t ex vatten eller andra ämnen. Att blanda vatten med bränslet ger en mycket snabb förångningsprocess och alltså en snabb homogenisering av sprayen. Den snabbare förångningsprocessen beror på att vatten i bränslet

2 9 -09- 2000

30

förångas direkt efter insprutningen, vilket ger en lokal tryckvåg som skyndar på atomeringsprocessen av bränslet. Samtidigt tas förångningsvärme från omgivningen, vilket sänker flamtemperaturen. Vatten, 5 som innehåller syre, transporteras i detta fall in i förbränningsrummet i direkt närhet av bränslet vilket även ger potential till en låg sotbildning och eller effektiv sotoxidation. Vatteninsprutning kan anordnas med en separat spridare i cylindern för att utöka 10 styrbarheten och påverka blandningsprocessen och tändfördröjningen.

Många små insprutningshål i insprutningsanordningen 13 ger bra lokal tillblandning men dålig global 15 tillblandning utav bränsle/cylindergaser. Få stora hål ger dock dålig lokal tillblandning men bra global tillblandning.

För att ytterligare minska de från förbränningsmotorn 20 avgivna emissionerna kan motorns avgaser efterbehandlas med en katalysator. Om motorn styrs så att ultralåga nivåer av kväveoxid och sotpartiklar bildas under förbränningsförloppet kan en oxiderande oxidationskatalysator kopplas till avgassystemet för 25 att minska kolväteföreningar och koloxid, som avges från motorn.

Förfarandet enligt uppfinningen kan kombineras med anordningar för antändning av bränslet utöver 30 kompressionsantändning. Det går exempelvis att vid givet tillfälle med hjälp av mikrovågor eller en plasmajet antända bränsle-/cylindergasblandningen. Detta under förutsättning att bränsle-/cylindergasblandningen inte antänds tidigare av 35 kompressionsvärme.

Kallare insugningsluft ger lägre kompressionstemperaturer dvs detta är avgörande för bland annat tändningstidpunkten. Olika sätt att kyla
5 och reglera insugningsluft, dvs insugningsluft även med inblandade återförda avgaser, är därför fördelaktigt vid utnyttjandet av förfarandet enligt uppfinningen.

För varje tekniksteg som görs inom denna uppfinning
10 samoptimeras motorns gasväxlingssystem för att uppnå önskat laddtryck, avgasmottryck, laddtemperatur, mängden återförda avgaser, och globalt bränsle/luft förhållande.

PATENTKRAV

1. Förfarande för att styra förbränningsförloppet i en förbränningsmotor (1), innefattande åtminstone en cylinder (2), åtminstone en i cylindern (2) fram- och
5 återgående kolv (3), som är inrättad att vända i cylindern (2) vid ett övre och nedre dödläge, och åtminstone en i cylindern (2) anordnad bränsletillförselanordning (13) genom vilken bränsle eller en bränsleblandning insprutas direkt i cylindern
10 med hög rörelseenergi, så att bränslet eller bränsleblandningen under sin väg in i cylindern (2) formar en spray och blandas med i cylindern (2) komprimerad cylindergas bildande en bränsle/gasblandning, som antänds av i cylindern (2)
15 utvecklad kompressionsvärme först efter att en åtminstone lokal förblandning av bränsle och cylindergas uppstått, kännetecknat utav att sprayen under insprutningsförloppet tillför rörelseenergi samt styr en sprayintern blandningsprocess mellan bränslet,
20 eller bränsleblandningen, och cylindergasen samt tillför rörelseenergi till en storskalig global blandningsprocess, att genom kolvens rörelse och/eller utformning tillförs ytterligare rörelseenergi till den sprayinterna och till den globala blandningsprocessen.

25

2. Förfarande enligt kravet 1 kännetecknat utav att de under förbränningsförloppet alstrade sot- och kväveoxidemissionerna (NOx) samt motorns (1) verkningsgrad styrs väsentligen oberoende av varandra
30 genom att sotemissionerna främst styrs av mängden tillförd rörelseenergi till blandningen och att kväveoxidemissionerna främst styrs av mängden avgaser från tidigare förbränningsförlopp samt att verkningsgraden främst styrs av värmefrigörelsens
35 tyngdpunkt i förbränningsrummet och varaktighet.

2 9 -09- 2000

3. Förfarande enligt något av kraven 1 eller 2 kännetecknat av att den i cylindern (2) komprimerade gasen innehåller, för valfri mängd kväveoxidemission, en viss andel avgaser från tidigare förbränningsförlopp och som återförts till cylindern motsvarande att syrehalten varieras från ungefär 21% ner till ungefär 15 %.
4. Förfarande enligt något av föregående krav kännetecknat utav att bränsletillförselanordningens (13) insprutningstryck är högre än 300 bar, företrädesvis mellan 1000 till 3000 bar.
5. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att insprutningstrycket styrs, så att det varierar under insprutningen av bränslet eller bränsleblandningen i cylindern (2).
6. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att bränslet eller bränsleblandningen insprutas, så att bränslet eller bränsleblandningen i början av insprutningen insprutas med det högsta tryck, som uppkommer under hela insprutningen.
7. Förfarande enligt något av föregående krav kännetecknat utav att genom kolvens (3) rörelse och utformning (29) tillförs, under expanderingsfasen, rörelseenergi till den storskaliga globala blandningsprocessen.
8. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att bränslet eller bränsleblandningen insprutas genom munstycken med rund, elliptisk eller

2 9 -09- 2000

annan lämplig form med storleken ungefär 0.05 -0.40 mm, företrädesvis ungefär 0.1-0.25 mm.

9. Förfarande enligt något av föregående krav,
5 kännetecknat av att bränslet eller bränsleblandningen påbörjas att insprutas i cylindern (2), vid tillämpning på förbränningsmotor med vevaxel, vid en vevaxelvinkel av ungefär 20° före till ungefär 20° efter det övre dödlåget.

10

10. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att blandningen utförs lokalt då bränsle eller bränsleblandningen och cylindergasen blandas i områden uppströms de områden i sprayen där
15 förbränning äger rum och då insprutningen fortsätter efter det att antändning skett.

11. Förfarande enligt krav 10, kännetecknat av att den lokala blandningen under insprutningstiden styrs av
20 avståndet mellan bränsleinsprutarmunstycket (13) och där bränsle/gasblandningen närmast brinner samt att detta avstånd styrs av rörelseenergin och turbulensen i sprayen och formen hos sprayen, som lämnar bränsleinsprutarmunstycket (13) samt av halten avgaser
25 i cylindern (2), som återförs till cylindern (2) från tidigare förbränningsförlopp.

12. Förfarande enligt något av kraven 1 till 9, kännetecknat av att blandningen utförs globalt då
30 väsentligen hela bränslemängden motsvarande en förbränningscykel sprutas in och blandas i cylindern (2) innan antändning och förbränning sker.

13. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att gasrörelsen bildas av att den i

cylindern (2) befintliga gasen pressas ut genom en spalt (21) mellan periferin hos en kolvtopp (8) och en ände hos cylindern (2), när kolven (3) befinner sig vid det övre dödläget.

5

14. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat av att en swirlrörelse alstras i cylindern (2).

10 15. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat utav att ytterligare rörelseenergi till blandningen tillförs genom en postinjektion.

SAMMANDRAG

Uppfinning som med hjälp av spraystyrd, direktinsprutad förbränning med hjälp av stegvis teknikutveckling av
5 hela förbränningssystemet åstadkommer en intensifierad blandningsprocess under insprutning och efterförbränning som påskyndar sotoxidation under olika skeden så effektivt att motorn kan köras med tillräckligt hög EGR-halt för önskad NOx- och sothalt ner till ultralåga
10 emissioner samtidigt som parametrar som styr verkningsgraden frikopplas från åtgärder för önskad emissionsnivå så att bästa verkningsgrad för processen kan uppnås.

15

(Figur 3)